

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-19>

УДК: 02.17(1/9) 5



О. П. Бурматова

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-8377-9464>, e-mail: burmatova@ngs.ru

Экологические вызовы в регионе: анализ, пути предотвращения рисков и снижения угроз¹

Тенденция ухудшения экологической ситуации в России требует выявления и анализа основных современных вызовов в экологической сфере страны и ее отдельных регионов, а также поиска путей их преодоления. Особое значение это имеет для ресурсных регионов нового хозяйственного освоения, одним из которых является Нижнее Приангарье в Красноярском крае. Методология исследования основана на увязке экологических проблем с характером социально-экономических условий отдельной территории. В ходе исследования использован метод экономико-математического моделирования на основе разработанных автором моделей оптимизации природоохранных мероприятий. Сделана попытка объединить полученные результаты для комплексного анализа предположительной экологической ситуации, которая может сложиться в регионе. На основе такого анализа получено, что причинами экологических вызовов могут стать: 1) значительные масштабы намечаемого производства на отдельных объектах; в частности, расчеты показали, что в условиях Нижнеангарского региона оптимальный с экологических позиций размер единичных мощностей ЦБК не должен превышать 300–350 тыс. т (вместо намечаемых 720 тыс. т), а алюминиевого завода — 200–250 тыс. т (вместо 600 тыс. т); 2) чрезмерная концентрация производства в отдельных ареалах (прежде всего в Богучанском и Кодинском промузлах) с соответствующим ростом нагрузки на окружающую среду; 3) сложность решения проблем борьбы с загрязнением из-за уникальности производственных мощностей ряда объектов и необходимости создания для них уникальных систем очистки; 4) эффекты синергизма и аддитивности взаимодействия загрязняющих веществ; 5) фактические и потенциальные негативные последствия сооружения ГЭС на реках Ангара и Енисей. Полученные результаты могут применяться для обоснования управленческих решений на региональном и местном уровнях власти при разработке стратегии комплексного развития территориальных хозяйственных систем в разрезе прогнозирования природоохранной деятельности.

Ключевые слова: экологические вызовы и угрозы, экономика региона, природоохранная стратегия, зеленая экономика, регион нового освоения, экологическая совместимость производств, эффект синергизма загрязнений, аддитивность взаимодействия вредных веществ

Благодарность

Исследование выполнено по плану научно-исследовательских работ ИЭОПП СО РАН в рамках Проекта «Региональное и муниципальное стратегическое планирование и управление в контексте модернизации государственной региональной политики и развития цифровой экономики».

Для цитирования: Бурматова О. П. Экологические вызовы в регионе: анализ, пути предотвращения рисков и снижения угроз // Экономика региона. 2021. Т. 17, вып. 1. С. 249–261. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-19>

¹ © Бурматова О. П. Текст. 2021.

RESEARCH ARTICLE

Olga P. Burmatova

Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-8377-9464>, e-mail: burmatova@ngs.ru

Environmental Challenges in Regions: Analysis and Measures to Reduce Potential Risks

The environmental deterioration in Russia requires the identification and analysis of the main challenges facing the country and its individual regions in this sphere. Additionally, it is necessary to find ways to overcome these problems. The issue is particularly relevant for resource regions where new economic activities develop. The Lower Angara region in Krasnoyarsk krai is one of such regions. The study considers the environmental problems in connection with the socio-economic conditions of a particular territory. I used the method of economic and mathematical modelling based on the author's models for optimising environmental protection measures. The research combines the obtained results to build a comprehensive model of the future ecological situation that may develop in the region. The analysis discovered various causes of environmental challenges. The first reason is planning excessive output at individual facilities. In particular, calculations have shown that in the conditions of the Lower Angara region, the unit capacity of the pulp and paper industry should not exceed 300–350 thousand tonnes (instead of the planned 720 thousand tonnes); the capacity of the aluminum plant should not exceed 200–250 thousand tonnes (instead of 600 thousand tonnes). Second, an excessive concentration of production in certain areas (primarily, in Boguchansky and Kodinsky industrial hubs) increases the environmental burden. Third, pollution control is complicated by unique production capacities of various facilities that require special purification systems. The fourth reason is the effects of synergism and additivity of contaminants. The fifth cause is the actual and potential negative consequences of the construction of hydropower plants on the Angara and Yenisei rivers. The results of this research can be used for creating a strategy for the integrated development of territorial economic systems to organise environmental protection activities and substantiate management decisions at the regional and local levels of governance.

Keywords: environmental challenges and threats, regional economy, environmental strategy, green economy, regions with new economic activities, ecological compatibility of industries, synergistic effect of pollution, additivity of the interaction of harmful substances

Acknowledgments

The article was prepared in accordance with the research and development plan of the Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of RAS "Regional and municipal strategic planning and management in the context of the modernization of state regional policy and development of the digital economy".

For citation: Burmatova, O. P. (2021). Environmental Challenges in Regions: Analysis and Measures to Reduce Potential Risks. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 17(1), 249–261, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-19>

Введение

Экологические вызовы и угрозы¹ с точки зрения их территориального охвата принято подразделять на глобальные, национальные и региональные [1–5]. «Современные вызовы и угрозы экологической безопасности России и ее регионов во многом обусловлены институциональными проблемами в сфере государственного управления охраной окружающей среды и связаны в значительной мере со сложившейся технически отсталой структурой экономики, малой результативностью проводимой в стране экологической политики, от-

сутствием эффективных экономических инструментов экологического регулирования, неадекватным потребностям экологической сферы финансированием, постоянным ослаблением роли природоохранного законодательства, ростом правонарушений и коррупции в экологической сфере, низкой экологической ответственностью бизнеса и другими причинами. Все это формирует серьезные вызовы в области обеспечения экологической безопасности в стране в целом и ее регионах» [6, с. 21].

Проблемы охраны окружающей среды в каждом отдельном регионе, как правило, специфичны и зависят прежде всего от особенностей как местных природно-климатических условий территории, так и ее социально-экономического развития. В соответствии с этим решение даже сходных экологических проблем может существенно различаться в разных регионах и требовать проведения своей системы природоохранных и прочих мероприятий.

Среди экологических вызовов можно условно выделить общерегиональные вызовы, которые характерны для регионов России лю-

¹ Экологические вызовы и угрозы понимаются нами как термины, отражающие целое и часть. При этом вызов включает в себя угрозу, которая составляет содержание вызова и показывает его опасность. Угроза имеет потенциальный характер, в то время как вызов может включать реализованные действия, получившие завершенность. Вызов может содержать несколько угроз. Анализ современных экологических вызовов необходим для выработки стратегии их преодоления и своевременного трансформирования соответствующим образом государственной экологической политики.

бого типа, и специфические региональные вызовы, свойственные регионам определенного типа, в том числе ресурсным регионам нового хозяйственного освоения. Так, для многих ресурсодобывающих регионов и регионов с высокой территориальной концентрацией промышленного производства Сибири характерны серьезные экологические проблемы, связанные с сохранением ресурсной ориентации экономики, усилением процессов деградации природной среды и ухудшением здоровья и условий жизнедеятельности населения, ухудшением состояния лесных и водных ресурсов, ростом лесных пожаров, сокращением биологического разнообразия вплоть до исчезновения отдельных видов растений и животных, постоянным увеличением объемов образования промышленных и коммунальных отходов и числа несанкционированных свалок и др. Решение перечисленных проблем невозможно без формирования гибкой системы управления экологической сферой на федеральном, региональном и местном уровнях власти, препятствующей усилению сложившихся неблагоприятных эколого-экономических трендов и возникновению новых.

В статье предпринята попытка выявить основные экологические вызовы и предложить наилучшие пути их преодоления на основе объединения полученных результатов проведенных исследований по прогнозированию развития Нижнего Приангарья (Красноярский край) с учетом экологических требований. Результаты выполненных расчетов позволили высказать конкретные рекомендации относительно перспектив развития рассматриваемого региона с позиций возможного обострения экологических проблем с учетом как достигнутого, так и будущего социально-экономического развития.

Значимость результатов выполненного исследования определяется возможностью их использования для формирования предложений по актуальным направлениям повышения результативности управления в экологической сфере региона и обоснования принимаемых хозяйственных решений в пределах территорий интенсивного хозяйственного освоения.

Общерегionalные экологические вызовы, обусловленные ими возможные угрозы и необходимые ответы

Причины возникновения и формирования основных общерегиональных экологических вызовов в России — технологическое отставание промышленного производства и от-

сутствие до настоящего времени эффективных инструментов для перевода предприятий на ресурсосберегающие и экологически чистые технологии.

Достойными ответами на подобные вызовы могли бы стать, на наш взгляд, следующие, в том числе давно назревшие, меры [6, 7].

1. Модернизация и реиндустриализация производства, преодоление технического и технологического отставания путем стимулирования инноваций в экологически ориентированном производстве, формирование условий для постепенного перехода на технологии зеленой экономики при одновременном росте уровня жизни населения и снижении негативного воздействия на окружающую среду.

Данный вызов представляется чрезвычайно серьезным для российских предприятий, поскольку достойный ответ на него связан с большими рисками, проистекающими из необходимости огромных инвестиций и времени их реализации, в течение которого возможно осуществление замены устаревшего оборудования на новое, а также с сокращением получаемой прибыли в соответствующий период реконструкции и модернизации. Очевидно, что переход на новые технологии невозможен без продуманной и последовательной государственной поддержки, меры которой позволяли бы сводить к минимуму возможные потери компаний в период осуществления ими модернизации производства или создания новых высокотехнологичных производств.

Среди таких мер можно было бы назвать, в частности, введение налоговых каникул для предприятий, проводящих реконструкцию или замену технологического оборудования, снижение для них процентной ставки банковских кредитов, освобождение от налогообложения прибыли, направляемой на инвестиции, снижение ссудной ставки для инвестиций (особенно при создании высокотехнологичных производств и элементов транспортной инфраструктуры), создание рынка длинных денег с низкими процентами за кредит на длинные и сверхдлинные деньги, введение ускоренной амортизации и др. [7–10]. Все названные меры могли бы способствовать ускорению перехода производства на инновационный вектор экологизации и сопровождаться заметным снижением негативной нагрузки на окружающую среду.

2. Последовательное и продуманное внедрение в практику промышленной и экологической политики механизма наилучших доступных технологий (НДТ) на базе технологи-

ческих преобразований экономики (прежде всего промышленности).

Данная мера, как показывает опыт развитых стран, внедривших систему экологического нормирования на основе НДТ, требует создания целого ряда важных и необходимых предпосылок, которые способны не только повысить конкурентное преимущество и инвестиционную привлекательность бизнеса, но и вместе с тем снизить уровень негативного воздействия на окружающую среду [11, 12]. К ним относятся, прежде всего, повсеместный переход промышленности (начиная со второй половины 80-х гг. XX в.) на новые ресурсосберегающие и экологоориентированные технологии и внедрение (со второй половины 1990-х гг.) международной системы стандартов экологического менеджмента ISO 14000 на предприятиях. Однако ни то ни другое пока не стало нормой для российской практики. Ответ на данный вызов в отечественных реалиях требует колоссальных усилий по созданию условий для структурных и инновационных преобразований российской экономики, без чего реализация принципа НДТ в намечаемые Правительством РФ сроки рискует потерпеть фиаско¹. Такие усилия должны предприниматься как со стороны различных государственных органов, так и со стороны промышленного бизнес-сообщества.

3. Активизация развития секторов зеленой экономики как одного из общепризнанных мировым сообществом основных путей движения в направлении устойчивого развития.

Названная мера находится в тесной связи с предыдущими мерами и ее реализация, на наш взгляд, возможна только при условии их успешного осуществления. Она охватывает важнейшие сектора экономики, включая промышленность (инновационные ресурсосберегающие и малоотходные технологии), энергетику (альтернативные источники электроэнергии и др.), сельское хозяйство (производство экологически чистых продуктов питания), сферу утилизации отходов, борьбу с загрязнением окружающей среды, зеленый транспорт, зеленое строительство, обеспечение населения чистой водой, организацию рационального лесного, водного и рыбного хозяйств и т. д. [7]. Очевидно, что все перечисленные

меры по формированию необходимых условий для развития высокотехнологичных производств с применением экологически чистых технологий являются взаимосвязанными и взаимодополняемыми.

Серьезным общерегиональным экологическим вызовом в России остается слабая современная государственная экологическая политика. Одним из ее крупных недостатков является отсутствие системной ориентации на создание механизма по стимулированию мер экологизации производства с учетом инновационных принципов развития. Преодоление тенденции деэкологизации экономики, наметившейся с 2000 г. после упразднения Госкоэкологии, требует, прежде всего, ее восстановления как единственного существовавшего в стране специально уполномоченного государственного органа в области охраны окружающей среды. Давно назрело также решение ряда других проблем организационного характера в сфере управления природоохранной деятельностью, в частности, отделение государственного контроля за природопользованием от организации ресурсопользования и т. д. [6, 7]. Кроме того, насущными проблемами являются ликвидация имеющихся пробелов, противоречий и разночтений в экологическом законодательстве и усиление экологической базы и ужесточение ответственности за его неукоснительное соблюдение. Не удовлетворяет потребностей сложившаяся система финансирования природоохранных мероприятий, остающаяся на недопустимо низком уровне. По-прежнему остаются актуальными проблемами восстановления института государственной экспертизы, налаживание эффективного экологического контроля и др. [6, с. 21–22; 7].

Исключительно важный общерегиональный вызов в природоохранной сфере обусловлен долгосрочным характером экологических проблем. Это выдвигает на первый план необходимость выработки стратегических подходов к их решению. Поэтому при прогнозировании социально-экономического развития регионов требуется учет возможных вызовов и угроз безопасности развития региональной экономики, в том числе экологического характера. Таким образом, использование стратегического планирования и управления выступает в качестве ключевого инструмента экологического регулирования [6, 7, 13, 14].

Перечисленные экологические вызовы присущи всем российским регионам независимо от их типов и уровня развития. В то же время

¹ О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года. Указ Президента РФ от 7.05.2018 г.; Федеральный закон от 21.07.2014 года № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон „Об охране окружающей среды“ и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

каждый регион обладает своей спецификой, отражающей как особенности производственного и пространственного характера экономики региона, так и природные условия каждой конкретной территории. Кроме того, в регионах нового хозяйственного освоения еще на стадии планирования и прогнозирования их предполагаемого развития возможно наилучшим образом предусмотреть необходимые направления природоохранной деятельности и учесть комплекс требуемых природоохранных и других мероприятий для предотвращения возможных негативных воздействий производства и населения на окружающую среду.

На материалах Нижнего Приангарья (Красноярский край) рассмотрим возможности и ограничения его развития с позиций экологических вызовов и угроз.

Нижнее Приангарье¹ как ресурсный регион нового хозяйственного освоения: предпосылки развития, методология и инструментарий исследования

Предпосылки развития региона. Нижнеангарский регион относится к числу наиболее перспективных регионов нового хозяйственного освоения. Большой интерес к данному региону проявляется в современных условиях развития страны благодаря высокой привлекательности его территории для новых крупномасштабных инвестиций для целей промышленного и инфраструктурного развития.

Инвестиционная привлекательность Нижнего Приангарья обусловлена, во-первых, наличием на его территории колоссального ресурсного потенциала, включающего лесные, минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы (часто с уникальными качественными и количественными характеристиками). Во-вторых, регион располагает энергетической базой, представленной, прежде всего, Богучанской ГЭС, а также имеются предпосылки для дальнейшего развития гидроэнергетики путем реализации ряда проектов сооружения новых ГЭС на реке Ангара. В-третьих, большое значение имеет созданный определенный задел в сфере производственной инфраструктуры (включая железные и автомобильные дороги, мост через Ангару, ЛЭП, элект-

рические подстанции и другие инфраструктурные объекты).

Все эти преимущества региона, с одной стороны, явились причинами привлечения внимания к нему органов государственного управления и возможных инвесторов для разработки программ развития и освоения [15; 16]² и, с другой стороны, обусловили необходимость и важность осуществления стратегических разработок в области освоения и дальнейшего развития региона, включая экологическую сферу.

Формирование экологической ситуации в Нижнем Приангарье во многом зависит от влияния целого ряда факторов, которые можно объединить в следующие агрегированные группы:

1) природно-климатические условия, в целом неблагоприятные для разложения загрязнений разного рода в окружающей среде региона;

2) сложившаяся и перспективная производственная и пространственная структура экономики региона (высокая концентрация экологически вредных производств в отдельных промышленных узлах, сохранение тенденции создания суперкрупных предприятий и др.);

3) воздействие на состояние водных, лесных, земельных и других ресурсов со стороны существующих и возможных будущих гидроузлов на реках Ангара и Енисей, существующий уровень загрязнения воды которых уже является довольно высоким;

4) используемые подходы к решению экологических проблем на предприятиях, включая технологические и организационные меры.

Методология и инструментарий исследования. На материалах Нижнеангарского региона в ИЭОПП СО РАН решен целый ряд задач по выбору возможных сценариев прогнозирования экологических проблем при определении долгосрочных направлений социально-экономического развития региона с учетом взаимного влияния природно-климатических и социально-экономических особенностей территории на формирование экологической ситуации и выделением приоритетных

¹ Нижнее Приангарье обычно понимается как регион, расположенный в бассейне нижнего течения Ангара и среднего участка Енисея и охватывающий территорию пяти районов в пределах Красноярского края (Богучанский, Кежемский, Мотыгинский, Енисейский, Северо-Енисейский) [18].

² Инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья». URL: http://www.sibarea.ru/investment/investment_projects/id/5/ (дата обращения: 13.04.2019); В Красноярском крае разработан инвестиционный проект «Ангара-Енисейский кластер» стоимостью 272 млрд рублей. URL: <http://gnkk.ru/news/in-the-krasnoyarsk-region-developed-an-investment-project-angara-yenisei-cluster-value-272-billion-r.html> (дата обращения: 13.04.2019).

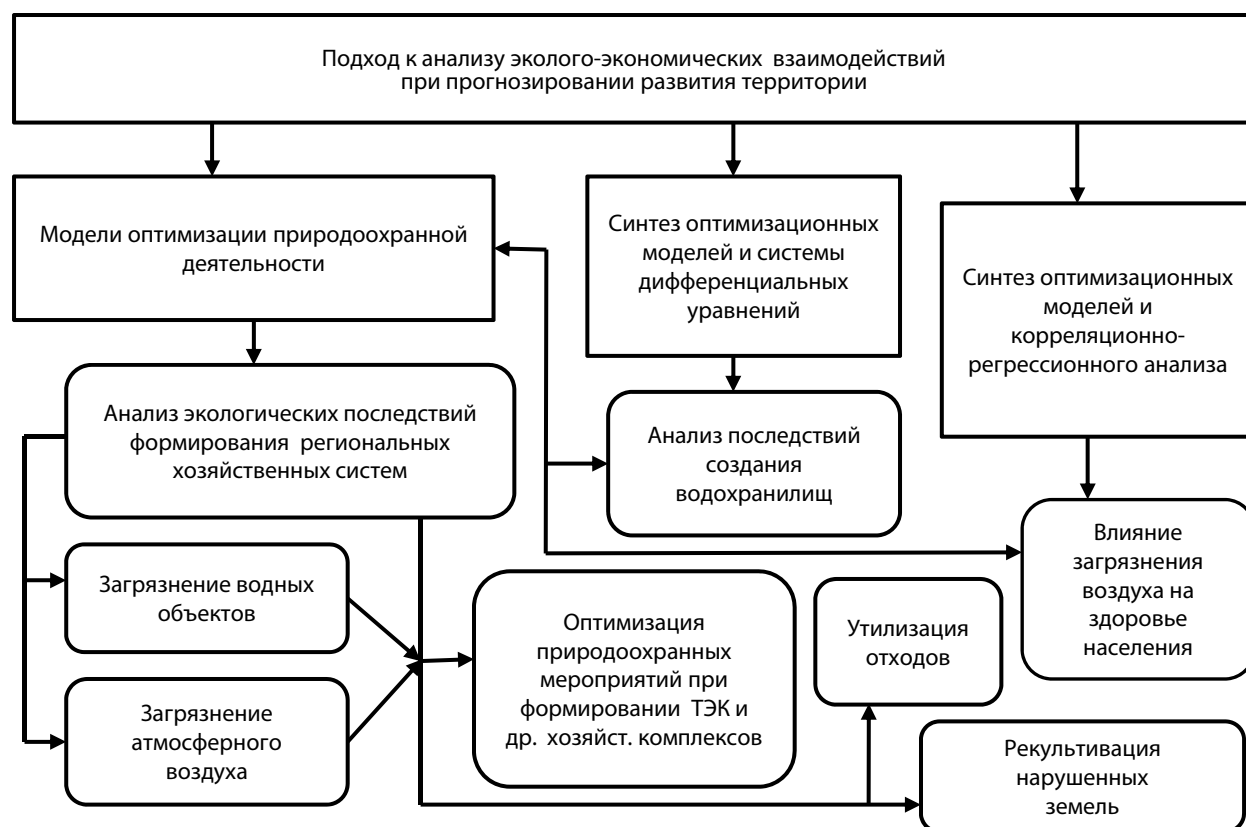


Рис. Состав экономико-математического аппарата по анализу эколого-экономических взаимодействий в регионе и решаемые проблемы (источник: [18, с. 228])

Fig. Economic and mathematical model for the analysis of environmental and economic interactions in the region and problems addressed

экологических проблем [17, 18]. Суть используемого подхода к прогнозированию развития территории с учетом эколого-экономических взаимодействий заключается в том, что регион рассматривается как отдельная ограниченная компактная территория со своими тесными внутренними и внешними взаимосвязями. Такое представление территории дает возможность для детального отражения всевозможных факторов, влияющих на формирование экологической ситуации, включая природно-климатические и социально-экономические особенности региона. Это, в свою очередь, позволяет ставить и решать широкий круг проблем, включая, в частности, увязку экологических требований с характером размещения, особенностями и масштабами производства, учет пространственного аспекта анализа экологических проблем при реализации инвестиционных проектов в регионах нового хозяйственного освоения в долгосрочной перспективе, комплексный охват различных экологических проблем региона [17, 18].

Для практической реализации задач по прогнозированию природоохранной деятельности в регионе разработан экономико-математический инструментальный, позволяющий

анализировать эколого-экономические взаимосвязи, возникающие в регионе при прогнозировании развития его пространственной структуры хозяйства [17, 18]. Состав данной инструментальной и характер решаемых с ее помощью задач представлены на рисунке. Названный инструментальный был использован, в частности, при проведении исследований на материалах Нижнего Приангарья [14, 17, 18]. Его применение позволило выполнить комплексный анализ экологических возможностей и ограничения региона, дать оценку с экологических позиций результатов реализации новых инвестиционных проектов, выполнить прогнозы возможных сценариев развития территории и высказать рекомендации о перспективах ее развития с учетом совершенствования методов управления охраной окружающей среды.

В данной статье, в отличие от ранее выполненных нами исследований, сделана попытка объединить полученные с использованием разных моделей и методов результаты для формирования общей картины с точки зрения всестороннего анализа экологической ситуации, которая может в перспективе сложиться в регионе под влиянием множества

различных факторов. Исходя из этого, представляется возможным выявить основные экологические вызовы и предложить наилучшие пути их преодоления.

Экологические вызовы в Нижнем Приангарье: результаты исследований

Значительные масштабы производства на отдельных объектах. Производственная структура рассматриваемого региона охватывает как созданные к настоящему времени, так и намечаемые в перспективе крупномасштабные объекты экологически значимых видов деятельности, включая добычу полезных ископаемых (прежде всего черных и цветных металлов), отрасли лесопромышленного комплекса (включая химическую переработку древесины), гидро- и теплоэлектростанции, предприятия химической, нефтехимической и газоперерабатывающей промышленности, крупные элементы инфраструктуры (железные и автомобильные дороги, ЛЭП, нефте- и газопроводы и т. д.). Так, в 2016 г. вступил в строй алюминиевый завод в Богучанах проектной мощностью 600 тыс. т, намечаемый здесь же ЦБК имеет проектную мощность 720 тыс. т целлюлозы в год, Тагарский ГОК в Кодинском ареале — 3,3 млн т концентрата в год, Богучанский ГПЗ — 30–35 млрд м³/год и т. д.

Названные объекты в большинстве своем, с одной стороны, создают значительную нагрузку как по масштабам, так и по разнообразию видов воздействия на окружающую среду, и, с другой, — закрепляют сырьевой характер экономики региона, затрудняя возможность для достижения его устойчивого развития.

Представляется важным отметить и факт серьезного усложнения для крупных по мощности предприятий решения проблемы обезвреживания образующихся объемов загрязняющих веществ. Подобное усложнение связано, во-первых, с необходимостью разработки для них, как правило, уникальных (и по пропускной способности, и по степени очистки) систем и методов очистки, во-вторых, с увеличением затрат на разработку соответствующих систем и методов. Это обуславливает необходимость исключительно тщательного выбора технологических и экологических инновационных решений на будущих производствах региона с целью недопущения загрязнения воздушного и водного бассейнов и других нарушений в состоянии окружающей среды. Кроме того, представляются полезными более тщательный анализ возможностей снижения мощностей будущих объектов и оценка их совмест-

ного влияния на экологическую ситуацию в местах их размещения и функционирования¹.

Неравномерность территориального развития региона. Хозяйственное освоение и развитие Нижнего Приангарья не преследует цели сплошного освоения его территории. С одной стороны, это представляется оправданным, учитывая масштабы территории и ограниченность средств. Однако, с другой стороны, сосредоточение производства в небольшом числе ареалов (прежде всего в Богучанском и в меньшей мере — Кодинском) неизбежно будет сопровождаться и усилением нагрузки на окружающую среду в данных ареалах.

С позиций территориальной концентрации производства первые новые объекты размещены в Богучанском ареале (или промышленном узле). Здесь в настоящее время уже функционируют Богучанская ГЭС, крупный алюминиевый завод и ряд предприятий лесопромышленного комплекса. В дальнейшем в Богучанах намечается дополнение действующего ЛПК новым ЦБК, а также создание производств по газопереработке и газохимии. Строительство новых производственных объектов намечается и в Кодинском ареале, в частности, речь идет о введении в строй Тагарского ГОКа и цементного завода, в более отдаленной перспективе — ЦБК. Расширение производственной структуры предполагается также в Мотыгинском районе за счет наращивания мощности Горевского свинцово-цинкового ГОКа и возведения Мотыгинской ГЭС. Кроме того, в долгосрочной перспективе в названных ареалах возможно строительство ряда других промышленных предприятий, а также объектов транспортной и энергетической инфраструктуры².

Низкие регенерационные возможности природной среды территории региона. Ассимиляционный потенциал водной среды Нижнего Приангарья уже близок к исчерпанию. Качество воды в р. Ангара зависит

¹ Так, выполненные нами расчеты показали, в частности, что в условиях Нижнеангарского региона оптимальный с экологических позиций размер единичных мощностей ЦБК не должен превышать 300–350 тыс. т (вместо 720 тыс. т), а алюминиевого завода — 200–250 тыс. т (вместо 600 тыс. т) [18, с. 236].

² Инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья». URL: http://www.sibarea.ru/investment/investment_projects/id/5/ (дата обращения: 15.11.2019); В Красноярском крае разработан инвестиционный проект «Ангара-Енисейский кластер» стоимостью 272 млрд рублей // Наш Красноярский край. URL: <http://gnkk.ru/news/in-the-krasnoyarsk-region-developed-an-investment-project-angara-yenisei-cluster-value-272-billion-r.html> (дата обращения: 15.11.2019).

не только от объемов и состава отводимых промышленных и бытовых сточных вод, но и от ее зарегулированности плотинами и водохранилищами¹. В регионе уже достигнут довольно высокий уровень загрязнения водных объектов органическими веществами, прежде всего фенолами и нефтепродуктами (главным образом за счет загрязнений, поступающих из районов верхнего и среднего течения р. Ангара). Ситуация усугубляется прогнозами строительства в нижнем течении Ангары новых гидроузлов с водохранилищами (Мотыгинского и Нижнебогучанского), что неизбежно повлечет дальнейшее нарушение естественного гидрологического режима реки и риск роста загрязнения воды [18].

С позиций ассимиляционного потенциала атмосферы Нижнеангарский регион обладает значительной дифференциацией, характеризуясь ухудшением многих параметров природно-климатических условий с запада на восток. Так, в наиболее неблагоприятном положении по условиям рассеивания загрязняющих веществ находится Кодинский ареал, который, согласно существующей классификации районов по потенциалу загрязнения атмосферы, имеет самый высокий в Нижнем Приангарье соответствующий показатель (более 3,3 единиц — V класс опасности). Данному ареалу свойственен более суровый по сравнению с другими частями территории региона температурный режим (более низкая среднегодовая температура воздуха, большая продолжительность периода времени с температурой ниже 0°C, меньшая средняя продолжительность безморозного периода — до 65–75 дней, большая промерзаемость грунта — до 70–100 см, большая распространенность островной многолетней мерзлоты и т. д.) [19]. Перечисленные особенности Нижнего Приангарья, а также частые температурные инверсии, туманы, штили и неравномерное распределение осадков в течение года обуславливают возможность слабого рассеивания загрязнений в атмосферном воздухе и, соответственно, повышают риск накопления в приземном слое атмосферы высоких концентраций вредных веществ.

Таким образом, специфика местных (в целом неблагоприятных) природно-климатических условий территории также обуславливает необходимость выхода в регион с технологически совершенными производствами, оснащен-

ными передовыми технологиями и природоохранными системами.

Загрязнение водных объектов. В настоящее время основная нагрузка на водную систему Ангары в Нижнем Приангарье приходится на объекты, функционирующие в Богучанском и Кодинском ареалах, а также в результате поступления загрязняющих веществ, переносимых по течению из верхне- и среднерасположенных участков реки в пределах Иркутской области. В перспективе река Ангара на участке от Кодинска до устья будет принимать поступление загрязняющих веществ со сточными водами от строящихся в настоящее время или намечаемых к созданию крупномасштабных промышленных объектов (прежде всего, алюминиевого завода и ЦБК). Кроме того, на данный участок Ангары будут поступать загрязняющие вещества, переносимые по течению реки из расположенных выше участков. В результате данный участок реки может стать одним из наиболее проблемных с позиций загрязнения воды сточными водами.

В целом на всем протяжении Ангары складывается весьма неоднородное качество воды. Водоохранилища построенных ГЭС (особенно Братское и Усть-Илимское) превратились в отстойники загрязнений, вызывая формирование зон вторичного загрязнения. Способность Ангары к самовосстановлению и разбавлению практически исчерпана уже на территории Иркутской области. Строительство Богучанского гидроузла привело к дальнейшему ухудшению качества воды в реке от Усть-Илимска вниз по течению². Дальнейшее гидроэнергетическое освоение низовьев Ангары (предполагаемое строительство Мотыгинской и Нижнебогучанской ГЭС) усилит сложившуюся тенденцию ухудшения качества воды от истока реки до ее устья.

Проведенные исследования показали [14, 17, 18], что важными факторами формирования качества воды являются также процессы накопления загрязнений, попадающих в реку с отводимыми стоками, и естественный перенос вредных веществ между соседними ареалами. Данные факторы, приводящие к ухудшению качества воды в водохранилищах, должны находить отражение при оценке состояния водных ресурсов в ангарских водохранилищах.

Эффект синергизма взаимодействия загрязняющих веществ. Учет данного эффекта

¹ Красноярский край: сибирские реки под угрозой // Плотина.Нет. URL: <http://www.plotina.net/krasnoyarskij-kraj-sibirskie-reki-pod-ugrozoi/> (дата обращения 12.01.2020).

² Богучанская ГЭС ухудшила экологическую ситуацию в Нижнем Приангарье // Плотина.Нет. URL: <http://www.plotina.net/boges-ecopalata/> (дата обращения: 12.01.2020).

при принятии решений о выборе производственной структуры на отдельной территории в отечественной практике обычно игнорируется, более того, он слабо изучен и не принимается во внимание при разработке проектной документации и проведении экологических экспертиз. В то же время для экологически несовместимых производств должны устанавливаться те или иные запреты на их совместное размещение, которые исходят, прежде всего, из особенностей производственной и пространственной структуры хозяйства¹. Эффектом синергизма в атмосферном воздухе обладают, в частности, такие вещества, как диоксид серы и хлор, диоксид серы и влага, окислы азота и углеводороды, фтористый водород и метилмеркаптан и др. [20–25]. Синергидный эффект воздействия в водной среде характерен, в частности, для ионов меди и свинца (комбинация которых в сточных водах способна нанести больший вред, чем каждый из них в отдельности), а также нефтепродуктов и пестицидов и др.²

Таким образом, в Нижнеангарском регионе остро стоит проблема возможного соединения в одном месте экологически несовместимых крупномасштабных производств. По результатам расчетов следует отказаться от совместного размещения, прежде всего, таких комбинаций производств, как алюминиевый и целлюлозно-бумажный заводы в Богучанском ареале. В противном случае для Нижнего Приангарья велик риск повторить судьбу Братска, где функционирование таких супергигантов, как Братский алюминиевый завод и Братский ЦБК, привело к интенсивной гибели лесов и росту заболеваемости населения. Эффект синергизма в данном случае обусловлен взаимодействием, во-первых, фтористых соединений, выбрасываемых алюминиевым заводом, и метилсернистых соединений, поступающих в атмосферу от ЦБК, и, во-вторых, смещением выделяемых названными объектами соответственно диоксида серы и хлора.

Нежелательно совместное размещение в одном ареале также таких объектов, как ЦБК и гидролизно-дрожжевой завод (учитывая их предполагаемые крупные производственные мощности и соответственно объемы сброса за-

грязненных сточных вод), из-за риска формирования высокой концентрации органических соединений на отдельных участках реки (эффект аддитивности). В проектных разработках по Нижнему Приангарью совместное размещение ЦБК и гидролизно-дрожжевого завода предполагается в двух ареалах — Кодинском и Лесосибирском. Для нижнего течения Ангары характерен уже высокий достигнутый уровень загрязнения воды органическими веществами, в частности фенолами и нефтепродуктами. Поэтому следует избегать подобных сочетаний предприятий.

Недопустимой комбинацией производств на территории одного ареала является также совместное размещение отдельных металлургических предприятий (алюминиевого, свинцово-цинкового и ферросплавного) и их сочетаний с ЦБК, ТЭС (на угле) или химическим производством. Взаимодействие выделяемых ими вредных веществ в атмосферный воздух (прежде всего фтористого водорода в выбросах алюминиевого завода и сернистого ангидрида в выбросах предприятий газонефтехимии, цветной металлургии и угольной ТЭС) может сопровождаться образованием новых более опасных соединений, вызывающих гибель лесов. В то же время, согласно проектным данным, различные варианты соединения названных объектов в пределах одной территории, опять же, рассматриваются преимущественно в Кодинском и Богучанском промузлах, в меньшей степени — в Лесосибирском и Абалаковском ареалах.

Таким образом, на территории Нижнего Приангарья формируемая и будущая структура региональной экономики должна складываться с учетом эффектов синергизма и аддитивности взаимодействия загрязняющих веществ и недопущения сочетаний экологически несовместимых производств на отдельной ограниченной территории. Введение запретов на размещение соответствующих производств позволит предупредить возможные экологически опасные последствия их совместного функционирования, прежде всего для здоровья людей и состояния природных систем.

Последствия сооружения гидроузлов с крупными водохранилищами. Особые экологические угрозы связаны со строительством каскада ГЭС на р. Ангара и затоплением значительных площадей территории, что привело к негативным изменениям экосистем и микроклимата в зоне затопления, разрушению берегов, ухудшению качества воды, изменению условий обитания растений и животных.

¹ Вредные вещества, обладающие эффектом синергизма, в условиях совместного присутствия могут приводить к образованию соединений повышенной токсичности либо усиливать вредное действие друг друга.

² Комбинированное (комплексное) действие ядов. URL: http://www.neonatology.narod.ru/toxicology/kompl_deistvie_jadov.html (дата обращения: 03.07.2019).

Имеющиеся проекты компании «Русгидро» по дальнейшему развитию гидроэнергетики в данном регионе (в частности, в рамках создания Ангаро-Енисейского кластера) касаются, в первую очередь, возможности сооружения в нижнем течении Ангары еще двух ГЭС — Нижнебогучанской и Мотыгинской. В результате Ангара окажется зарегулированной на всем своем протяжении от истока до устья, превратившись во вторую Волгу со всеми вытекающими из этого негативными изменениями и их последствиями. Водохранилища в нижнем течении Ангары будут не только отстойниками загрязнений, но и замыкающими в каскаде. Проведенные исследования, в частности, показали [18], что не только естественный режим реки останется в прошлом, но и тенденция последовательного ухудшения качества воды усилится.

Кроме того, представляется необходимым, на наш взгляд, учет уже имеющихся накопленных негативных уроков из практики реализованных объектов гидроэнергетики на Ангаре и недопущения их повторения. К сожалению, целый ряд этих уроков не был учтен и при строительстве Богучанской ГЭС, наполнение водохранилища которой привело только на стадии запуска при минимально возможной отметке в 185 м к затоплению более 130 тыс. га земель, покрытых лесом, из которых только 10 % были фактически подготовлены к затоплению¹.

Заключение

Выполненный анализ современных экологических вызовов в российских регионах и поиск адекватных ответов на них позволяют выделить первоочередные направления для выработки путей их преодоления. Прежде всего, требуется экологически результативная трансформация различных природоохранных институтов, включая совершенствование экологического законодательства, реанимацию института государственной экологической экспертизы, переход на принцип наилучших доступных технологий и др. Игнорирование любого из охарактеризованных вызовов и заключенных в них угроз чревато серьезными экологическими рисками. По результатам выполненного исследования выделены меры, реализация которых могла бы стать достойным ответом на общерегиональные и специфиче-

ческие региональные экологические вызовы и угрозы.

Среди общерегиональных вызовов акценты сделаны, в первую очередь, на проблеме сущности формирования в стране необходимых предпосылок для создания и внедрения малоотходных и экологически безопасных производств, неэффективности целого ряда институциональных условий и недостаточного использования инструментария стратегического планирования и управления.

Проведенное исследование на материалах Нижнего Приангарья по выявлению и анализу возможных экологических вызовов и угроз позволило выделить важнейшие факторы, обуславливающие возможное обострение экологических проблем в регионе с учетом как достигнутого, так и будущего социально-экономического развития. Среди таких факторов первостепенное значение имеют следующие региональные особенности:

- 1) местные неблагоприятные природно-климатические условия;
- 2) широкий набор привлекательных для размещения в регионе экологически значимых производственных объектов, характеризующихся крупными и даже уникальными производственными мощностями и разнообразными видами воздействия на окружающую среду (атмосферный воздух, водные объекты, ландшафт, состояние лесов и т. д.);
- 3) сложность решения проблем борьбы с загрязнением окружающей среды из-за уникальности производственных мощностей ряда объектов и необходимости создания для них уникальных систем очистки;
- 4) предполагаемая высокая территориальная концентрация производства в отдельных ареалах (прежде всего Богучанском и Кодайском) с соответствующим ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду;
- 5) фактические и потенциальные негативные последствия сооружения гидроэлектростанций с водохранилищами на реках Ангара и Енисей.

Перечисленные факторы определяют и основной круг эколого-экономических проблем в пределах Нижнеангарского региона, которые требуют первоочередного решения и должны, как показали проведенные практические исследования, охватывать систему мер по предупреждению возможного загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха, учету эффектов синергизма и аддитивности загрязняющих веществ, минимизации экономиче-

¹ Социально-экологические итоги первого этапа инвестиционного проекта «Комплексное развитие Нижнего Приангарья» // Плотина.Нет. URL: <http://www.plotina.net/publ/NP2013.pdf>. (дата обращения 11.12.2019).

ского ущерба от антропогенного воздействия на окружающую среду и др. Большое значение должны иметь и меры по деконцентрации производства на территории региона для целей лучшего использования адаптационных механизмов природной среды.

Важная роль отводится решению проблем, связанных с учетом фактора перспективы и выбора таких решений в экологической сфере, которые обеспечивают устойчивое развитие экономики региона на длительный период. Это определяет необходимость использования стратегического планирования и управления при формировании экологической политики в регионе.

Экологические вызовы и угрозы в Нижнем Приангарье во многом складываются из-за отсутствия комплексного подхода к прогнозированию формирования пространственной структуры экономики региона с учетом эколого-экономических взаимодействий, недо-

статочной проработки стратегических аспектов развития региональной экономики, слабой государственной экологической политики, не ориентированной на стимулирование природоохранной деятельности и внедрение новых ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий, отсутствия увязки инвестиционных и финансовых приоритетов с экологическими интересами и других причин. Поиск адекватных ответов на формируемые вызовы и угрозы в экологической сфере следует искать, прежде всего, в направлении решения данных проблем.

Полученные результаты исследования и сформулированные выводы могут быть использованы при разработке стратегии комплексного развития территориальных хозяйственных систем в разрезе прогнозирования природоохранной деятельности для обоснования управленческих решений.

Список источников

1. Addressing Environmental Challenges and their Social Implications in Europe. CEB, 2015. 122 p.
2. Biodiversity for Sustainable Development. / Ed. by K.P. Laladhas, P. Nilayangode, V. Oommen. Environmental Challenges and Solutions, 3. Springer, 2017. 322 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-42162-9_19.
3. Environmental challenges in a global context // The European environment — state and outlook: synthesis. Luxemburg : EEA, 2010. P. 129–149.
4. Matson P. Environmental Challenges for the Twenty-First Century: Interacting Challenges and Integrative Solutions // Ecology Law Quarterly. 2001. Vol. 27, No. 4. P. 1179–1190.
5. Tedsen E. R., Kraemer A. Regional Environmental Challenges and Solutions in the Pan-Atlantic Space // Atlantic future scientific. Paper No. 32, Berlin, 2015. 39 p.
6. Бурматова О. П. Экологические вызовы в ресурсных регионах нового освоения // Институциональная трансформация экономики. Ресурсы и институты: мат-лы 6-й междунар. науч. конф. Красноярск : СФУ, 2019. С. 21–22.
7. Стратегическое управление региональным и муниципальным развитием / под ред. А. С. Новосёлова, В. Е. Селиверстова. Новосибирск : Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2018. 495 с. С. 402–462.
8. Блоков И. П. Окружающая среда и ее охрана в России. Изменения за 25 лет. М. : ОМННО «Совет Гринпис», 2018. 422 с.
9. Природоохранные институты в современной России / Науч. ред. Г. А. Фоменко. М. : Наука, 2010. 447 с.
10. Чурзина И. В. Налоговые инструменты в системе государственного управления инновациями // Государственное управление Российской Федерации. Вызовы и перспективы. Мат-лы 13-й междунар. конф. Факультета государственного управления МГУ им. М. В. Ломоносова. М. : : КДУ, Университетская книга, 2016. С. 93–102.
11. Веселова К. А. Наилучшие доступные технологии. Реализация комплексного подхода // Экология производства. 2010. № 12. С. 88–90.
12. Наилучшие доступные технологии как инструмент промышленной и экологической политики / Т. В. Гусева, М. В. Бегак, Я. П. Молчанова, А. В. Миронов // Вестник РХТУ им. Д. И. Менделеева. Гуманитарные и социально-экономические исследования. 2015. Т. 2, № 6. С. 64–78.
13. Smart Grid Analytics for Sustainability and Urbanization / ed. Zbigniew H. Gontar. Hershey : IGI Global, 2018. 306 p. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3996-4.ch002>.
14. Burmatova O. P. Clean Production in the Context of Innovation Based Development // Regional Research of Russia. 2013. Vol. 3, No. 4. P. 465–472. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079970514010031>.
15. Методические указания по разработке Государственной программы освоения Нижнего Приангарья на период до 2005 г. / Науч. ред. В. В. Кулешов, М. К. Бандман. В 2-х ч. Новосибирск : ИЭ и ОПП СО АН СССР, 1990. Ч. 1. 70 с. Ч. 2. 48 с.
16. Нижнее Приангарье. Логика разработки и основные положения концепции программы освоения региона. Новосибирск : ИЭ и ОПП СО РАН, 1996. 231 с.

17. Бурматова О. П. Модель выбора варианта хозяйственных решений в регионе с учетом их экологических последствий // Проблемы инновационного управления экономикой регионов Сибири: сб. науч. тр. / под ред. А. С. Новосёлова, В. Е. Селиверстова. Новосибирск : Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2015. С. 270–282.
18. Бурматова О. П. Стратегические разработки в районе нового освоения // Актуальные проблемы экономики и права. 2018. Т. 12, № 2. С. 221–240. DOI: <https://doi.org/10.21202/1993-047X.12.2018.2.221-240>.
19. Схема комплексного использования и охраны водных объектов по бассейну реки Ангара. В 6-ти кн. Кн. 2. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы водных объектов бассейна реки Ангара. Красноярск : КРОМАЭП, 2008. 139 с.
20. Белкина С. В. Прогнозирование синергизма мутагенных, канцерогенных и летальных эффектов при взаимодействии различных факторов окружающей среды: дисс. ... канд. биол. наук. Обнинск, 2007. 163 с.
21. Лысов В. Н., Скотникова О. Г. О возможности взаимного усиления вредных воздействий загрязняющих агентов окружающей среды // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. 1991. № 1. С. 61–65.
22. Петин В. Г., Сынзыныс Б. И. Комбинированное действие факторов окружающей среды на биологические системы. Обнинск : ИАТЭ, 1998. 73 с.
23. Mauderly J. L., Samet J. M. Is There Evidence for Synergy Among Air Pollutants in Causing Health Effects? // Environmental Health Perspectives. 2009. Vol. 117, No. 1. P. 1–6.
24. Wu D., Ma X., Zhang Sh. Integrating synergistic effects of air pollution control technologies: More cost-effective approach in the coal-fired sector in China // Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 199, No. 20. P. 1035–1042.
25. Synergistic effects of air pollution and psychosocial stressors on adolescent lung function / Bandoli Gretchen, von Ehrenstein Ondine, Ghosh Jo Kay, Ritz Beate // The Journal of Allergy and Clinic Immunology. 2016. Vol. 138, No. 3. P. 918–920. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2016.04.012>.

References

1. CEB. (2015). *Addressing Environmental Challenges and their Social Implications in Europe*. CEB, 122.
2. Laladhas, K. P., Nilayangode, P. & Oommen, V. (Eds.). (2017). *Biodiversity for Sustainable Development*. Environmental Challenges and Solutions, 3. Springer, 322. DOI: 10.1007/978-3-319-42162-9_19.
3. *Environmental challenges in a global context*. (2010). The European environment — state and outlook: synthesis (pp. 129–149). Luxemburg: EEA.
4. Matson, P. (2001). Environmental Challenges for the Twenty-First Century: Interacting Challenges and Integrative Solutions. *Ecology Law Quarterly*, 27(4), 1179–1190.
5. Tedsen, E. R. & Kraemer, A. (2015). *Regional Environmental Challenges and Solutions in the Pan-Atlantic Space*. Atlantic future scientific. Paper no. 32. Berlin, 39.
6. Burmatova, O. P. (2019). Environmental challenges in resource regions of new development. In: *Institutsionalnaya transformatsiya ekonomiki. Resursy i instituty: mat-ly 6-y mezhdunar. nauch. konf. [Institutional transformation of the economy: resources and institutions. Conference proceedings of the VI International Scientific Conference]* (pp. 21–22). Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2019. 21–22. (In Russ).
7. Burmatova, O. P. (2018). Public Environmental management in regions of Russia. In: A. S. Novoselov, V. E. Seliverstov (Eds.), *Strategic management of regional and municipal development* (pp. 402–462). Novosibirsk: IEIE SB RAS. (In Russ).
8. Blokov, I. P. (2018). *Okruzhayushchaya sreda i ee okhrana v Rossii. Izmeneniya za 25 let [Environment and its protection in Russia. Changes over 25 years]*. Moscow: Greenpeace, 422. (In Russ).
9. Fomenko, G. A. (2010). *Prirodookhrannye instituty v sovremennoy Rossii [Environmental institutions in modern Russia]*. Moscow, Nauka. 447. (In Russ).
10. Churzina, I. V. (2017). Tax instruments in the system of state innovation management. In: *Gosudarstvennoe upravlenie Rossiyskoy Federatsii. Vyzovy i perspektivy. Mat-ly 13-y mezhdunar. konf. [Proceeding of the 13th International Conference «Public Administration of the Russian Federation: Challenges and Prospects»]* (pp. 93–101). Moscow: “KDU”, “University Book”. (In Russ).
11. Veselova, K. A. (2010). Best available technologies: implementation of an integrated approach. *Ekologiya proizvodstva [Industrial production]*, 12, 88–90. (In Russ).
12. Guseva, T. V., Begak, M. V., Molchanova, Yu. P. & Mironov, A. V. (2015). The best available technologies as an instrument of industrial and environmental policy. *Vestnik RKHTU im. D. I. Mendeleeva. Gumanitarnye i sotsialno-ekonomicheskie issledovaniya*, 2(6), 64–78. (In Russ).
13. Gontar, Z. H. (Eds.). (2018). *Smart Grid Analytics for Sustainability and Urbanization*. Hershey: IGI Global, 306. DOI: 10.4018/978-1-5225-3996-4.ch002.
14. Burmatova, O. P. (2013). Clean Production in the Context of Innovation Based Development. *Regional Research of Russia*, 3(4), 465–472. DOI: 10.1134/S2079970514010031.
15. Kuleshov, V. V. & Bandman, M. K. (1990). *Metodicheskie ukazaniya po razrabotke Gosudarstvennoy programmy osvoeniya Nizhnego Priangarya na period do 2005 g. V 2-kh chastyakh [Guidelines for the development of the State program for the development of the Lower Angara region until 2005. In 2 parts]*. Novosibirsk: IEOPP SB AS USSR, (Part 1) 70, (Part 2) 48. (In Russ).

16. IEOPP SB RAS. (1996). *Nizhnee Priangare. Logika razrabotki i osnovnye polozheniya kontseptsii programmy osvoeniya regiona* [Lower Angara region: logic of elaboration and main propositions of development programme]. Novosibirsk: IEOPP SB RAS, 231. (In Russ).
17. Burmatova, O. P. (2015). Model for choosing economic solutions in the region taking into account their environmental impact. In: A. S. Novoselov, V. E. Seliverstov (Eds.), *Problemy innovatsionnogo upravleniya ekonomikoy regionov Sibiri* [Problems of innovative management of the economies of the regions of Siberia] (pp. 270–282). Novosibirsk: IEIE SB RAS. (In Russ).
18. Burmatova O.P. (2018). Strategic developments in new settlement regions. *Aktualnye problemy ekonomiki i prava* [Actual problems of economics and law], 12(2), 221–240. DOI: 10.21202/1993–047X.12.2018.2.221–240. (In Russ).
19. *Skhema kompleksnogo ispolzovaniya i okhrany vodnykh obektov po basseynu reki Angara. V 6-ti kn. Kn. 2. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya i klyuchevye problemy vodnykh obektov basseyna reki Angara* [Scheme of the integrated use and protection of water bodies in the Angara basin. In 6 books. Book 2. Assessment of the ecological state and key problems of water bodies in the Angara basin]. (2008). Krasnoyarsk: KROMAEP, 139. (In Russ).
20. Belkina, S. V. (2007). *Prognozirovaniye sinergizma mutagennykh, kantserogennykh i letalnykh effektov pri vzaimodeystvii razlichnykh faktorov okruzhayushchey sredy: diss. ... kand. biol. nauk* [Prediction of synergism of mutagenic, carcinogenic and lethal effects in the interaction of various environmental factors. Thesis for Cand. Sci. (Bio.)]. Obninsk, 163. (In Russ).
21. Lystsov, V. N. & Skotnikova, O. G. (1991). On the possibility of mutually reinforcing the harmful effects of environmental polluting agents. *Zhurnal Vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva im. D. I. Mendeleeva*, 1, 61–65. (In Russ).
22. Petin, V. G. & Synzynys, B. I. (1998). *Kombinirovannoe deystvie faktorov okruzhayushchey sredy na biologicheskie sistemy* [The combined effect of environmental factors on biological systems]. Obninsk: IATE. 73. (In Russ).
23. Mauderly, J. L. & Samet, J. M. (2009). Is There Evidence for Synergy Among Air Pollutants in Causing Health Effects? *Environmental Health Perspectives*, 117(1), 1–6.
24. Wu, D., Ma, X., & Zhang, S. (2018). Integrating synergistic effects of air pollution control technologies: More cost-effective approach in the coal-fired sector in China. *Journal of Cleaner Production*, 199, 1035–1042.
25. Bandoli, G., von Ehrenstein, O., Ghosh, J. K. & Ritz, B. (2016). Synergistic effects of air pollution and psychosocial stressors on adolescent lung function. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 138(3), 918–920. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2016.04.012>.

Информация об авторе

Бурматова Ольга Петровна — доктор экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН; Scopus Author ID: 6507688655; Researcher ID: I-8723–2018; <https://orcid.org/0000-0002-8377-9464> (Российская Федерация, 630090, г. Новосибирск, Проспект акад. Лаврентьева, 17; e-mail: burmatova@ngs.ru).

About the author

Olga P. Burmatova — Dr. Sci. (Econ.), Associate Professor, Senior Research Associate, Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of RAS; Scopus Author ID: 6507688655; Researcher ID: I-8723–2018; <https://orcid.org/0000-0002-8377-9464> (17, Ak. Lavrenteva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation; e-mail: burmatova@ngs.ru).

Дата поступления рукописи: 24.12.2019.

Прошла рецензирование: 28.02.2020.

Принято решение о публикации: 18.12.2020.

Received: 24 Dec 2019

Reviewed: 28 Feb 2020

Accepted: 18 Dec 2020